EP 3175 4 (5)

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

PUBLICATION NUMBER : 2001064005
UBLICATION DATE : 13-03-01

APPLICATION DATE : 27-08-99
APPLICATION NUMBER : 11240749

APPLICANT : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD;

INVENTOR : IRIE YOSHINORI;

INT.CL. : C01B 31/02 C23C 16/26 C23C 28/00 F16C 33/24

TITLE : COATED SLIDING MEMBER AND ITS PRODUCTION

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain sliding characteristics such that the friction factor and attackability against a counter material are low in the case that the surface coated with a hard carbon film is coarse by laminating an upper coating film formed from a carbon film, a metal film or a compound film having a specified Knoop hardness different from that of a lower coating film onto the high hardness carbon film having the Knoop hardness in a specified range.

SOLUTION: An upper coating film consisting of a carbon film, a metal film or a compound film having a Knoop hardness <2,000 is laminated onto a high hardness hard carbon film having a Knoop hardness of 2,000 to 8,000. The low hardness hard carbon film having a Knoop hardness of ≥1,000 and <2,000 is suitable. It is preferable that the thickness of the upper coating film is 0.1-1.5 μm, and the upper coating film consists of C, A, Si, Ti, Cr, Fe, Ni, Zn, Mo, Ag, W, Au, a sulfide such as molybdenum disulfide, a boride such as titanium boride or a phosphate such as manganese phosphate. The suitable thickness of the upper coating is not less than the value of the average surface roughness Ra and is not more than the value of the maximum surface roughness Rmax of the coated film.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

たピストンは４割、実施例３．６の処理を施したピストンは２割の摩擦抵抗の低減が認められた。

【００５２】（実施例４）表面粗さＲａ０．０５μｍ以下に仕上げた超硬合金基材上に、下層にヌープ硬度４７００の硬質炭素膜を、上層にヌープ硬度１６００の硬質炭素膜を成膜した。ここで、下層と上層とはともにカソードアークイオンプレーティング法で合成し、成膜条件＊＊を傾斜的に変化させ、傾斜構造となるようにした。被膜組成及びエンジンオイル１０Ｗ－４０ＳＨ潤滑下でのピン・オン・ディスク試験を行った。結果を表７、表８に示す。

【００５３】

【表７】

No.		基材		下層				傾斜層	上層			
		材質	表面粗さ Ra (μm)	組成	ヌープ硬度	膜厚 (μm)	成膜法		組成	ヌープ硬度	膜厚 (μm)	成膜法
実施例	4	超硬合金基	0.05以下	硬質炭素膜	4700	1.0	ｽﾊﾟｯﾀﾘﾝｸﾞ法	有り	硬質炭素膜	1600	0.4	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法

【００５４】

※ ※【表８】

No.		ピン・オン・ディスク試験									
		機械油中			エンジンオイル中						
								試験前		試験後	
		摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手摩耗痕直径 (μm)	摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手摩耗痕直径 (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)
実施例	4	0.045	0.15	220	0.089	0.11	190	0.16	1.58	0.02	0.08

【００５５】摩擦係数、摩耗痕深さ、相手材摩耗量のいずれも、小さい値が得られた。続いて、ステンレス製の加工品が搬送される超硬合金製の搬送用レールに、実施例４と比較例１．７の被覆処理を施した。これらを実際に使用したところ、未コートのレールでは滑りが悪く製品の流れが滞るという問題が発生した。比較例１．７の処理のレールでは、製品の流れはスムーズであったが、製品のすべり面の傷による不良率が２０％を超えた。一方実施例４のレールでは、製品の流れはスムーズで、傷の発生も極めて少なく傷による不良率は１％以下であった

【００５６】（実施例５）表面粗さＲａ０．１８に仕上げたＳＣＭ４１５基材上に、イオンビーム蒸着法によりヌープ硬度が２４００である硬質炭素膜を約１μｍの膜厚で形成した。この上層に、スパッタ法またはカソードアークイオンプレーティング法で各種金属、化合物の層を膜厚が約０．３μｍとなるように積層した。比較のため、上層に用いた各種金属、化合物の単層膜を膜厚約１μｍで形成した。

【００５７】イオンビーム蒸着法では、原料にベンゼンを適用した。イオン化領域にベンゼンガスを導入し、これをイオン化し、マイナス１００から１０００Ｖに印加した基板電極にベンゼンイオンを照射することにより硬質炭素膜を形成した。スパッタ法は、固体ターゲットで準備し、アルゴン雰囲気下でマグネトロンスパッタ法によりスパッタ蒸着を行なった。一方カソードアークイオンプレーティング法は、窒化チタンや窒化チタンアルミの合成に適用した。窒素ガス雰囲気中で、チタンまたはチタンアルミ合金ターゲット表面で陰極アーク放電を発生させ、雰囲気中の窒素と反応させて基板上に窒化物を堆積させた。

【００５８】得られた膜につき、乾式とエンジンオイル１０Ｗ－４０ＳＨ潤滑下でのピン・オン・ディスク試験を実施した。結果を表９、表１０に示す。

【００５９】

【表９】

http://www6.ipdl.jpo.go.jp/tjcontentdben.ipdl?N0000=21&N0400=image/gif&N0401=/NSAPIT... 03-12-200

No.		基材		下層				硬質層	上層			
		材質	表面粗さRa (μm)	膜	ﾋﾞｯｶｰｽ硬度	膜厚 (μm)	成膜法		膜	ﾋﾞｯｶｰｽ硬度	膜厚 (μm)	成膜法
実施例	5.1	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	炭素	650	0.4	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.2	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	アルミニウム	15	0.3	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.3	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	シリコン	800	0.5	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.4	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	チタン	60	0.8	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.5	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	クロム	680	0.8	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.6	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	鉄	600	0.3	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.7	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	ニッケル	60	0.8	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.8	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	銅	50	0.4	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.9	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	モリブデン	70	0.5	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.10	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	銀	28	0.4	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.11	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	タングステン	380	0.3	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.12	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	金	25	0.2	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.13	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	二硫化モリブデン	40	0.3	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.14	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	リン酸マンガン	60	0.6	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.15	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	ホウ化チタン	900	0.5	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.16	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	白金	40	0.8	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	5.17	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	銀	310	0.4	ｽﾊﾟｯﾀ法
比較例	5.1	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	窒化チタン	2200	0.4	ｽﾊﾟｯﾀ法
比較例	5.2	SCM415	0.18	硬質炭素膜	2400	1.0	ｱｰｸｲｵﾝﾌﾟﾚｰﾃｨﾝｸﾞ法	無し	窒化ﾀﾝﾀﾙ	3200	0.4	ｽﾊﾟｯﾀ法

【００６０】

20【表１０】

No.		ピン・オン・ディスク試験									
		既式大気中			エンジンオイル中			試験前		試験後	
		摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手摩耗痕直径 (μm)	摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手摩耗痕直径 (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)
実施例	5.1	0.09	0.22	220	0.041	0.18	200	0.21	0.65	0.01	0.08
実施例	5.2	0.15	0.28	350	0.045	0.25	220	0.22	0.78	0.02	0.06
実施例	5.3	0.18	0.29	390	0.048	0.26	350	0.23	0.92	0.03	0.08
実施例	5.4	0.17	0.26	350	0.048	0.28	310	0.19	0.78	0.02	0.07
実施例	5.5	0.14	0.22	310	0.041	0.19	280	0.25	1.01	0.03	0.09
実施例	5.6	0.15	0.28	350	0.046	0.23	280	0.22	0.91	0.02	0.08
実施例	5.7	0.15	0.25	360	0.045	0.25	310	0.18	0.68	0.02	0.09
実施例	5.8	0.13	0.22	320	0.047	0.20	240	0.25	0.90	0.01	0.04
実施例	5.9	0.15	0.26	350	0.047	0.22	350	0.22	0.88	0.03	0.13
実施例	5.10	0.14	0.21	320	0.048	0.19	220	0.21	0.89	0.02	0.10
実施例	5.11	0.16	0.22	380	0.046	0.21	340	0.20	0.88	0.03	0.09
実施例	5.12	0.10	0.22	350	0.042	0.20	290	0.23	1.02	0.01	0.04
実施例	5.13	0.09	0.20	240	0.044	0.18	220	0.21	0.78	0.01	0.05
実施例	5.14	0.10	0.19	200	0.046	0.14	210	0.24	0.85	0.01	0.08
実施例	5.15	0.11	0.19	220	0.044	0.18	280	0.19	0.82	0.01	0.06
実施例	5.16	0.14	0.26	350	0.045	0.20	260	0.23	0.98	0.02	0.09
実施例	5.17	0.16	0.25	390	0.047	0.28	340	0.24	0.79	0.02	0.07
比較例	5.1	0.22	0.28	580	0.056	0.19	680	0.21	1.49	0.06	0.26
比較例	5.2	0.23	0.21	550	0.069	0.14	720	0.24	1.68	0.07	0.29

【００６１】摩擦係数に関しては、単層ではいずれの膜も摩擦係数は０．０５以上と高い。一方積層膜については、上層に窒化チタンや窒化チタンアルミニウムを適用した構造を除き、０．０４から０．０５の間と低い。

【００６２】相手摩耗量に関しては、単層では膜の硬度が低いものほど磨耗が少ない傾向にある。積層膜に関しては、上層に窒化チタンや窒化チタンアルミニウムを適用した構造を除き摩耗量は小さめである。

【００６３】続いて、エンジンの動弁系のＳＣＭ４１５製のリフターのカムとの摺動面に、実施例５．１５の処理と比較例５．１の処理を施した。実施例５．１５のリフターは、未コートのリフターに対し５割、比較例５．１に対し３割の摩擦抵抗の低減が確認された。また、カムの磨耗に関しても、未コートの約半分、比較例５．１の１／１５の摩耗量であった。

【００６４】（実施例６）表面粗さＲａ０．０５μm以下に仕上げたＳＵＳ３０４基材上に、下層にヌープ硬度３９００のカソードアークイオンプレーティング法によ

る硬質炭素膜を膜厚１μｍで形成し、その上層に二硫化モリブデンをスパッタ法にて積層した。上層の二硫化モリブデンの膜厚は０．０５μｍから１．５μｍまで変化させた。

【００６５】乾式大気中とエンジンオイル１０Ｗ－４０＊

No.		基材 材質	基材 表面粗さ Ra (μm)	下層 膜	下層 ﾋﾞｯｶｰｽ硬度	下層 膜厚 (μm)	下層 製法	傾斜層	上層 膜	上層 ﾋﾞｯｶｰｽ硬度	上層 膜厚 (μm)	上層 製法
実施例	6.1	SUS304	0.05以下	硬質炭素膜	3900	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	二硫化モリブデン	40	0.1	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	6.2	SUS304	0.05以下	硬質炭素膜	3900	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	二硫化モリブデン	40	0.3	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	6.3	SUS304	0.05以下	硬質炭素膜	3900	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	二硫化モリブデン	40	0.5	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	6.4	SUS304	0.05以下	硬質炭素膜	3900	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	二硫化モリブデン	40	0.8	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	6.5	SUS304	0.05以下	硬質炭素膜	3900	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	二硫化モリブデン	40	1.0	ｽﾊﾟｯﾀ法
実施例	6.6	SUS304	0.05以下	硬質炭素膜	3900	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	二硫化モリブデン	40	1.5	ｽﾊﾟｯﾀ法

【００６７】

※　※【表１２】

No.		乾式大気中 摩擦係数	乾式大気中 摩耗深さ (μm)	乾式大気中 相手材摩耗痕直径 (μm)	ピン・オン・ディスク試験 エンジンオイル中 摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手材摩耗痕直径 (μm)	試験前 Ra (μm)	試験前 Rmax (μm)	試験後 Ra (μm)	試験後 Rmax (μm)
実施例	6.1	0.09	0.10	390	0.044	0.10	360	0.09	0.95	0.03	0.15
実施例	6.2	0.12	0.11	380	0.045	0.15	250	0.11	1.02	0.02	0.10
実施例	6.3	0.10	0.09	310	0.049	0.16	230	0.11	1.09	0.01	0.05
実施例	6.4	0.10	0.08	510	0.041	0.07	420	0.08	0.90	0.05	0.81
実施例	6.5	0.11	0.15	320	0.051	0.15	220	0.10	1.25	0.02	0.08
実施例	6.6	0.10	0.18	300	0.056	0.18	210	0.12	1.25	0.02	0.06

【００６８】上層の二硫化モリブデンの膜厚が０．０５μｍと薄い場合、相手材摩耗痕直径が４２０μｍと大きい。このときの表面粗さＲａは０．０８μｍであった。一方、上層の二硫化モリブデンの膜厚が１．５μｍと厚い場合、摩擦係数が０．０５６と大きかった。この時の最大表面粗さＲｍａｘは１．２５μｍであった。

【００６９】続いて、工業用ミシンのＳＵＳ３０４製の釜の内面に、実施例６．１の処理を施した。実施例６．１の釜は、未コートの釜に対し２５倍の寿命向上が確認できた。

【００７０】

【発明の効果】本発明によれば、摺動部材において硬質炭素膜を被覆した表面が粗い場合に、摩擦係数や相手攻★40

＊ＳＨ潤滑下でのピン・オン・ディスク試験を行った。結果を表１１，表１２に示す。

【００６６】

【表１１】

★撃性が小さい摺動特性を実現することができ有用である。

【図面の簡単な説明】

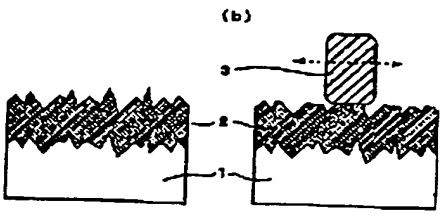
【図１】表面が粗い硬質炭素膜の摺動前及び摺動後の断面概略図である。

【図２】高硬度硬質炭素膜上に積層した低硬度硬質炭素膜の摺動前及び摺動後の断面概略図である。

【符号の説明】

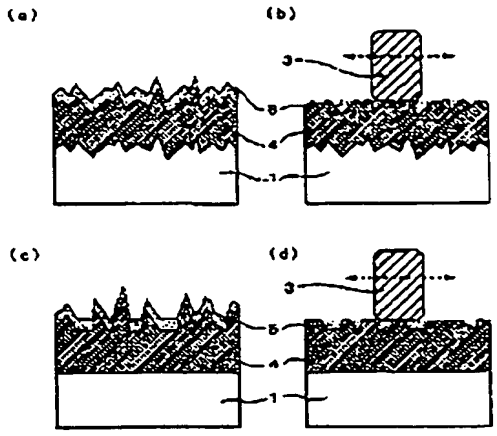
1　基材
2　硬質炭素膜
3　相手材
4　高硬度硬質炭素膜
5　上層被膜（低硬度硬質炭素膜）

【図１】



http://www6.ipdl.jpo.go.jp/tjcontentdben.ipdl?N0000=21&N0400=image/gif&N0401=/NSAPIT... 03-12-20

【図2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3J011 NA01 GA03 GA04 SB02 SB04
SB05 SB12 SB13 SB14 SB15
SB20 SD01 SE02 SE06
4C046 CB03 CB08 CC05 CC06
4K030 BA01 BA02 BA06 BA07 BA12
BA14 BA18 BA20 BA21 BA27
BA29 BA35 BA49 BA50 BB13
CA02 CA03 CA05 DA02 FA01
FA02 LA23
4K044 AA02 AA06 AA13 BA02 BA06
BA08 BA10 BA17 BA18 BA19
BB02 BC01 BC06 CA13 CA14

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2001－64005
（P2001－64005A）
(43)公開日　平成13年３月13日(2001.3.13)

(51)Int.Cl.'	識別記号	FI		ﾃｰﾏｺｰﾄﾞ(参考)
C01B 31/02	101	C01B 31/02	101Z	3J011
C23C 16/26		C23C 16/26		4G046
28/00		28/00	B	4K030
F16C 33/24		F16C 33/24	Z	4K044

審査請求　未請求　請求項の数14　ＯＬ　（全 11 頁）

(21)出願番号　特願平11－240749

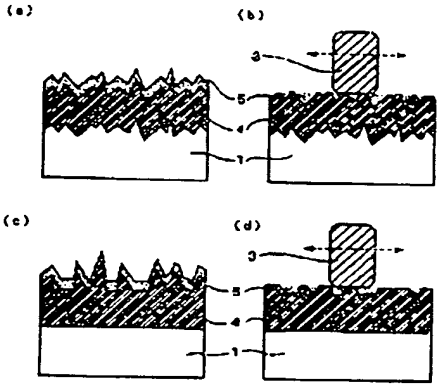
(22)出願日　平成11年８月27日(1999.8.27)

(71)出願人　000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番33号
(72)発明者　織田　一彦
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号　住友電気工業株式会社伊丹製作所内
(72)発明者　入江　美紀
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号　住友電気工業株式会社伊丹製作所内
(74)代理人　100078813
弁理士　上代　哲司　（外２名）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　被覆摺動部材およびその製造方法

(57)【要約】
【課題】　平滑であれば極めて低い摩擦係数を示す硬質炭素膜も、基材や膜の表面粗さが大きくなると、摩擦係数や相手攻撃性が大きくなるという問題が発生する。本発明は、硬質炭素膜を被覆した表面が粗い場合に、摩擦係数や相手攻撃性が小さい摺動特性を実現する。
【解決手段】　硬質炭素膜が被覆された摺動部材において、ヌープ硬度が２０００以上８０００以下である高硬度硬質炭素膜の上に、ヌープ硬度が２０００未満の炭素膜、金属膜または化合物膜からなる上層被膜が積層されていることを特徴とする被覆摺動部材。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　硬質炭素膜が被覆された摺動部材において、ヌープ硬度が２０００以上８０００以下である高硬度硬質炭素膜の上に、ヌープ硬度が２０００未満の炭素膜、金属膜または化合物膜からなる上層被膜が被覆されていることを特徴とする被覆摺動部材。

【請求項２】　前記上層被膜が、ヌープ硬度１０００以上２０００未満の低硬度硬質炭素膜であることを特徴とする請求項１に記載の被覆摺動部材。

【請求項３】　前記高硬度炭素皮膜から前記上層被膜までの硬度が連続的に変化していることを特徴とする請求項１～請求項２のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項４】　前記上層被膜の膜厚が０．１μｍ以上１．５μｍ以下であることを特徴とする請求項２～請求項３のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項５】　前記上層被膜のヌープ硬度が、２０以上１０００以下であることを特徴とする請求項１に記載の被覆摺動部材。

【請求項６】　前記上層被膜が、炭素、アルミニウム、シリコン、チタン、クロム、鉄、ニッケル、亜鉛、モリブデン、銀、タングステン、金、二硫化モリブデン等の硫化物、ホウ化チタン等のホウ化物、リン酸マンガン等のリン酸塩のいずれか１種類以上からなることを特徴とする請求項５に記載の被覆摺動部材。

【請求項７】　前記上層被膜の膜厚が、０．１μｍ以上０．５μｍ以下であることを特徴とする請求項５～請求項６のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項８】　前記上層被膜の膜厚が、被覆後の平均表面粗さＲａ以上であり最大表面粗さＲｍａｘ以下であることを特徴とする請求項１～請求項３、請求項５～請求項６のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項９】　平均表面粗さＲａが０．０５μｍ以上０．３μｍ以下であることを特徴とする請求項１～請求項８のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項１０】　母材が、鉄系合金、超硬合金、セラミックス、アルミニウム合金、あるいはマグネシウム合金であることを特徴とする請求項１～請求項９のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項１１】　潤滑下で使用されることを特徴とする請求項１～請求項１０のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項１２】　エンジンオイル潤滑下で使用されることを特徴とする請求項１～請求項１１のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項１３】　マイクロ波プラズマＣＶＤ法、ＥＣＲプラズマＣＶＤ法、フィラメントＣＶＤ法、カソードアークイオンプレーティング法、あるいは高次の炭化水素ガスを原料としたプラズマＣＶＤ法により前記高硬度硬質炭素膜を合成することを特徴とする請求項１～請求項１２のいずれかに記載の被覆摺動部材の製造方法。

【請求項１４】　スパッタリング法、プラズマＣＶＤ法、あるいはカソードアークイオンプレーティング法により前記上層被膜を合成することを特徴とする請求項１～請求項１３のいずれかに記載の被覆摺動部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、表面コーティングを施した機械部品などの摺動部材に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】現在工業製品に使用されている摺動部材には、鋼やセラミックス材料など各種材料が使用されている。そして、その多くには、焼付や摩擦抵抗を低減させるための各種試みがなされており、例えば、潤滑剤の使用、摺動面の形状や粗さの最適化、硬化処理、摺動面への被覆処理等が挙げられる。

【０００３】摺動面の被覆処理に関しては、クロム処理めっき処理、リン酸塩皮膜処理などが古くから適用されているが、最近では、二硫化モリブデン処理や窒化クロム処理、窒化チタン処理などが注目を浴びている。これらの例として、特開平７－１１８８３２号公報、特開昭６１－８７９５０号公報、特開平６－５７４０７号公報等が挙げられる。

【０００４】一方、硬質炭素膜は、ダイヤモンド構造を一部に有するアモルファス状の炭素膜あるいは水素化炭素膜で、アモルファスカーボン（ａ－Ｃ、ａ－Ｃ：Ｈ）、ｉ－Ｃ（アイ・カーボン）、ダイヤモンド状炭素（Ｄｉａｍｏｎｄ　ｌｉｋｅ　ｃａｒｂｏｎ：ＤＬＣ）などとも呼ばれている。硬質炭素膜は、一般にヌープ硬度が８００から２０００と高硬度で、多くの相手材料に対する乾燥下での摩擦係数が０．１から０．２と極めて低い。化学的にも安定で、多くの酸、アルカリに対して極めて高い耐食性を有している。また、電気抵抗率は１０６から１０１４Ω・ｃｍと高い絶縁性を有し、赤外線に対して高い透過性を有するなど、ダイヤモンドに類似した特性を多く有している。これらの優れた性質を活かして種々の分野への応用が期待されており、特に、耐摩耗性部品、摺動部品、電気・電子部品、赤外線光学部品および成型・成形部品等へのコーティングに関し開発が進められている。特に近年、ビデオ部品やビデオテープ・ハードディスクなどの潤滑性、耐摩耗性を向上させるための保護コーティング、高精密軸受、バルブ類の摩擦係数低減の潤滑性コーティング、ハンダやＡｌなど軟質金属の溶着防止の離型性コーティングなどで実用化が著しい。

【０００５】硬質炭素膜の形成にはさまざまな手法がある。結晶質ダイヤモンド薄膜の合成に適用されているマイクロ波プラズマＣＶＤ法、ＥＣＲプラズマＣＶＤ法、フィラメント法などの他に、各種プラズマ源を用いたプラズマＣＶＤ法、炭素または炭化水素イオンを用いるイ

オンビーム蒸着法，固体炭素源からスパッタリングやアーク放電，レーザー照射にて炭素を気化し基体上に成膜する手法等がある。対象基材や用途，処理数などによりこれらの手法は使い分けられている。

【０００６】前述のように，硬質炭素膜は摺動特性，耐摩耗性に優れるため，摺動部材としての期待が高く，特開平６－２２７８８２に示されるように，一部の摺動部材には適用が進められている。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】一般に，摩擦摩耗において表面粗さは耐摩耗性や摩擦係数に大きく影響を及ぼす。平滑であれば極めて低い摩擦係数を示す硬質炭素膜も，基材や膜の表面粗さが大きくなると，摩擦係数や相手攻撃性が大きくなるという問題が発生する。本発明は，硬質炭素膜を被覆した表面が粗い場合に，摩擦係数や相手攻撃性が小さい摺動特性を実現する事を目的としている。

【０００８】

【課題を解決するための手段】本発明では，硬質炭素膜被覆部材の摩擦係数を低減するべく，次のものを提案する。

【０００９】硬質炭素膜が被覆された摺動部材において，ヌープ硬度が２０００以上８０００以下である高硬度硬質炭素膜の上に，ヌープ硬度が２０００未満の炭素膜，金属膜または化合物膜からなる上層被膜が積層されていることを特徴とする被覆摺動部材である。

【００１０】下層のヌープ硬度が２０００以上８０００未満となる高硬度硬質炭素膜は，耐摩耗性が優れ，また摩擦係数も低い。しかし，基材が粗かったり，被膜が粗い場合には，摩擦係数と相手攻撃性が大きくなる。図１は，表面が粗い硬質炭素膜の場合の（ａ）摺動前，（ｂ）摺動後，の断面概略図である。

【００１１】これを防ぐため，本発明においてはこの高硬度硬質炭素膜の上層に，ヌープ硬度が１０００以上２０００未満の比較的硬度が低い，低硬度硬質炭素膜を上層被膜として積層することとした。本発明の一例を示す概略図を図２に示す。（ａ）は，表面粗さが大きい基材の場合の摺動前，（ｂ）は，表面粗さが大きい基材の場合の摺動後，（ｃ）は，膜の表面が粗い場合の摺動前，（ｄ）は，膜の表面が粗い場合の摺動後，を示す。上層被膜の低硬度硬質炭素膜５は，摺動の初期に凸の部分が容易に研磨され，短時間で突起部の頂点が平滑になる。凹凸が基材または下層の高硬度硬質炭素膜４に起因する場合，凸部の研磨により下層の高硬度硬質炭素膜が部分的に表層に現れる。表層の硬度が比較的低い，低硬度硬質炭素膜は，硬度が高い硬質炭素膜よりやや凹となり，相手材と固体接触するのはやや凸となった硬度が高い硬質炭素膜の部分が主となる。全体的には平滑になるため，相手攻撃性は小さく，固体接触する硬度が高い硬質炭素膜の効果で摩擦係数は小さくなる。潤滑下で使用される場合は，凹となった低硬度の硬質炭素膜の表面で潤滑剤が保持され，より低摩擦化される。

【００１２】ここで，上層被膜の低硬度硬質炭素膜の厚さは，０．１μｍ以上１．５μｍ以下であることが望ましい。０．１μｍ以下では薄すぎて凸部の平滑化の機能を十分に果たせなく，１．５μｍ以上では摩擦化にともう応力緩和の問題が新たに発生する。

【００１３】また，上層被膜の低硬度硬質炭素膜の粗さは，被覆後の平均表面粗さＲａ以上最大表面粗さＲｍａｘ以下が好ましい。ここで，平均表面粗さＲａと最大表面粗さＲｍａｘは，上層被膜である低硬度硬質炭素膜を被覆した後の粗さで定義する。上層被膜の低硬度硬質炭素膜を被覆する前の高硬度硬質炭素膜の表面粗さも，Ｒａ，Ｒｍａｘに近い値を示す。

【００１４】なお，高硬度硬質炭素膜と低硬度硬質炭素膜とは独立した膜として積層されていてもよいし，膜さが厚さ方向に徐々に傾斜して変化していてもよい。

【００１５】硬質炭素膜は，結晶質ダイヤモンド膜の合成に適用されているマイクロ波プラズマＣＶＤ法，ＥＣＲプラズマＣＶＤ法，フィラメントＣＶＤ法等のほかに，高周波や直流電圧，パルス直流電圧，ホロカソード，ホットカソードを適用したアークなどの各種プラズマ源を用いたプラズマＣＶＤ法，炭素または炭化水素イオンを用いるイオンビーム蒸着法，固体炭素源からスパッタリングやアーク放電，レーザー照射にて炭素を気化し基体上に成膜する手法等が適用できる。

【００１６】下層の高硬度硬質炭素膜の合成には，高硬度化に有利なマイクロ波プラズマＣＶＤ法，ＥＣＲプラズマＣＶＤ法，フィラメントＣＶＤ法，カソードアークイオンプレーティング法，あるいは高次の炭化水素ガスを原料とした各種プラズマＣＶＤ法のいずれかの手法を適用することが好ましい。

【００１７】上層被膜の低硬度硬質炭素膜は，上記のいずれの方法でも比較的容易に合成することが出来るか，スパッタリング法，プラズマＣＶＤ法，カソードアークイオンプレーティング法のいずれかの手法を適用することが好ましい。それぞれの膜は，独立した膜として合成してもよいが，工業的には連続で処理できるプロセスが好ましい。

【００１８】さらに本発明の特徴とするところは，硬質炭素膜が被覆された摺動部材において，高硬度硬質炭素膜上に，上層被膜として炭素膜または金属膜または化合物膜が被覆されており，下層の高硬度硬質炭素膜のヌープ硬度が２０００以上８０００以下であり，上層被膜の炭素膜または金属膜または化合物膜のヌープ硬度が２０００以上１０００以下であることを特徴とする被覆摺動部材である。その効果は，低硬度硬質炭素膜と同様である。低硬度硬質炭素膜を上層とする場合と比較し，摩擦係数は若干大きくなるが，相手攻撃性は十分に低減することが出来る。

【００１９】ここで、上層に適用される材料は、炭素、アルミニウム、シリコン、チタン、クロム、鉄、ニッケル、亜鉛、モリブデン、銀、タングステン、金、二硫化モリブデン等の硫化物、ホウ化チタン等のホウ化物、リン酸マンガンなおのリン酸塩のいずれか１種類以上を用いることが好ましい。これらの中には、一般的なヌープ硬度が１０００以上のホウ化チタン等も含まれるが、本発明では、非晶質のホウ化チタンのように硬度が低いものが好ましい。

【００２０】また、上層の炭素膜または金属膜または化合物膜の膜厚は、０．１μｍ以上０．５μｍ以下であることが好ましい。０．１μｍ以下では薄すぎて凸部の平滑化の機能を十分に果たせなく、０．５μｍ以上では摺動特性に優れた下層の高硬度硬質炭素膜の効果が現れにくいためである。

【００２１】また、上層の炭素膜または金属膜または化合物膜の膜厚は、被覆後の平均粗さＲａ以上Ｒｍａｘ以下が好ましい。ここで、平均粗さＲａとＲｍａｘは、上層被膜の炭素膜または金属膜または化合物膜を被覆した後の表面粗さとする。上層被膜の炭素膜または金属膜または化合物膜を被覆する前の高硬度硬質炭素膜の表面粗さも、Ｒａ、Ｒｍａｘに近い値を示す。

【００２２】本発明の構造を持つ被覆部材は、平均表面粗さはＲａ０．０５μｍ以上０．３μｍ以下であるものが最適である。この平均表面粗さＲａは、上層被膜の炭素膜または金属膜または化合物膜を被覆した後の表面粗さとする。上層被膜の炭素膜または金属膜または化合物膜を被覆する前の高硬度硬質炭素膜の表面粗さも、Ｒａ、Ｒｍａｘに近い値を示す。

【００２３】平均表面粗さＲａが０．０５μｍ以下の場合、十分に粗さが小さいので、平滑化を目的とする低硬度硬質炭素膜または炭素膜または金属膜または化合物膜を上層に被覆する必要はない。平均表面粗さＲａが０．３μｍ以上であっても本構造を適用した方が、摩耗や摩擦係数を小さくする効果はある。しかし、あらかじめ基材の粗さを十分に小さくするなどして、出来るかぎり表面粗さＲａを０．３μｍ以下にした方がより効果的である。

【００２４】膜構造に関しては、下層である高硬度硬質炭素膜のさらに下層に、密着性の向上や、母材硬度の向上を目的として、さらに中間層をもうけることも出来る。その中間層の例としては、シリコン、炭化ケイ素、炭化チタン、炭化タングステンなどが挙げられる。

【００２５】ここで、炭素膜は硬質炭素膜と同様の各種手法で合成できるが、特にスパッタ法やカソードアークイオンプレーティング法、プラズマＣＶＤ法などが適している。工業的には下層の硬質炭素膜と連続化に適した方法が好ましい。

【００２６】金属膜、化合物膜に関しても、公知の各種手法で合成できる。特に好ましいのは、スパッタ法やカソードアークイオンプレーティング法、プラズマＣＶＤ法などであり、これら以外のもレーザーアブレーション法などが適用できる。

【００２７】本発明において、膜のヌープ硬度は、あらかじめ基礎で得られた膜の硬さで成膜条件を設定するのが一般的である。積層した後のそれぞれの膜の硬さを測定するには、膜表面を斜めに研磨するかまたはボール圧痕材による研磨を行うことで、各層のヌープ硬度を測定することができる。

【００２８】これらの被覆摺動部材の母材としては、各種鋼材、ＷＣ基の超硬合金、窒化硅素、炭化硅素、酸化アルミ、酸化ジルコニウムなどをベースにした各種セラミックス、アルミニウム合金、マグネシウム合金等が最適である。

【００２９】使用環境としては、潤滑下、無潤滑下いずれの環境下でも効果がある。しかし、摩擦係数の差が現れにくい液体潤滑下でその効果は顕著となる。液体潤滑下でも、自動車エンジンオイルや機械油をはじめとする粘度潤滑下で使用すると摩擦損失の低減に極めて効果が大きい。

【００３０】具体的な適用対象としては、高速摺動、高面圧摺動の部品に適する。紡績・繊維関係では、家庭用・工業用ミシンの針や、糸道、各種軸受などの高速摺動部品に適する。ＯＡ機器では、レーザープリンタなどのＯＡ機器の高速軸受などが挙げられる。家電では、冷蔵庫やエアコンのコンプレッサ部品などの高面圧部品に適する。自動車などの輸送機器においては、エンジン部品が挙げられ、ピストンやクランクシャフトなどの主摺動系、カムとロッカーアーム・シム・リフター、バルブとバルブシートなどの動弁系部品、プランジャーなどの燃料噴射ポンプ周辺部品などが挙げられる。

【００３１】

【発明の実施の形態】本発明の具体的な実施の形態については実施例で示すが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【００３２】

【実施例】（実施例１）表面粗さＲａ０．０５μｍ以下に仕上げたＳＵＪ２基材上に、カソードアークイオンプレーティング法によりヌープ硬度を８００から７６００までの範囲で変化させた硬質炭素膜を約１μｍの膜厚で形成した。原料には、固体炭素ターゲットを使用し、真空またはＡｒなどの不活性ガス雰囲気中で炭素ターゲット表面に陰極アーク放電を発生、炭素を気化させる。そして気化した炭素はアークプラズマによりイオン化、活性化し、負に印加された基板上に到達し硬質炭素膜が堆積する。このときの雰囲気の圧力、温度、基板電圧を変化させることで硬度を変化させた。

【００３３】次に、これらヌープ硬度の硬質炭素膜上に、高周波プラズマＣＶＤ法によるヌープ硬度１６００の硬質炭素膜を０．３μｍの膜厚で積層した。高周波プ

ラズマＣＶＤ法では、メタンを原料とし、基板に高周波を印加して出来る高周波放電により原料ガスを分解、活性させ、基板上に硬質炭素膜を堆積させた。

【００３４】得られた硬質炭素膜につき、ピン・オン・ディスク法による摩擦摩耗試験を行なった。雰囲気は、軽油中およびエンジンオイル１０Ｗ－４０ＳＨの滴下による潤滑とし、硬質炭素膜をディスク、相手材は先端曲率半径Ｒ３ｍｍのＳＵＪ２製ピン、加重１０Ｎ、回転速度５００ｒｐｍ（摺動速度１００ｍｍ／ｓｅｃ）、回転＊＊回数１万回とした。

【００３５】１万回の摺動試験終了時に摩擦係数を、摺動試験後に、ディスク摩耗痕の摩耗深さと相手材ピンの摩耗痕の直径を測定した。また、試験前後の表面粗さについても評価した。以上の結果につき、表１、表２にまとめる。

【００３６】

【表１】

No.		基材		下層				膜厚層	上層			
		材質	表面粗さ Ra (μm)	膜	ヌープ硬度	膜厚 (μm)	製法		膜	ヌープ硬度	膜厚 (μm)	製法
比較例	1.1	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	880	1.2	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.2	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	1160	1.3	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.3	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	1450	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.4	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	1960	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.5	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	2200	1.2	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.6	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	3600	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.7	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.8	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	5100	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.9	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	7680	1.2	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	－	－	－	－	－
比較例	1.10	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	990	1.2	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.2	RFプラズマCVD法
比較例	1.11	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	1100	1.2	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.3	RFプラズマCVD法
比較例	1.12	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	1460	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.3	RFプラズマCVD法
比較例	1.13	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	1960	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.3	RFプラズマCVD法
実施例	1.1	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	2960	1.2	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.3	RFプラズマCVD法
実施例	1.2	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	3600	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.3	RFプラズマCVD法
実施例	1.3	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.3	RFプラズマCVD法
実施例	1.4	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	6100	1.1	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.8	RFプラズマCVD法
実施例	1.5	SUJ2	0.05以下	硬質炭素膜	7600	1.2	ｶｿｰﾄﾞｱｰｸ法	無し	硬質炭素膜	1600	0.3	RFプラズマCVD法

【００３７】

※ ※【表２】

No.		ピン・オン・ディスク試験									
		軽油中			エンジンオイル中						
		摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手摩耗痕直径 (μm)	摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手摩耗痕直径 (μm)	試験前 Ra (μm)	試験前 Rmax (μm)	試験後 Ra (μm)	試験後 Rmax (μm)
比較例	1.1	0.16	0.55	210	0.063	0.49	150	0.09	0.96	0.01	0.04
比較例	1.2	0.15	0.40	280	0.058	0.32	180	0.08	0.75	0.01	0.05
比較例	1.3	0.16	0.16	300	0.058	0.15	280	0.09	0.85	0.02	0.09
比較例	1.4	0.16	0.09	850	0.047	0.12	420	0.16	1.02	0.02	0.11
比較例	1.5	0.15	0.09	630	0.039	0.07	620	0.09	0.92	0.03	0.13
比較例	1.6	0.14	0.05	850	0.038	0.04	770	0.11	0.98	0.04	0.19
比較例	1.7	0.18	0.06	1080	0.036	0.06	980	0.13	1.02	0.06	0.24
比較例	1.8	0.11	0.02	1280	0.036	0.04	1080	0.14	1.33	0.07	0.38
比較例	1.9	0.12	0.05	1400	0.038	0.05	1250	0.16	1.54	0.08	0.38
比較例	1.10	0.15	0.15	290	0.069	0.16	140	0.05	0.48	0.01	0.06
比較例	1.11	0.16	0.18	220	0.060	0.12	160	0.05	0.55	0.01	0.04
比較例	1.12	0.14	0.10	390	0.057	0.12	160	0.06	0.59	0.02	0.08
比較例	1.13	0.13	0.11	340	0.057	0.09	150	0.05	0.68	0.01	0.05
実施例	1.1	0.11	0.09	330	0.049	0.08	180	0.06	0.73	0.02	0.08
実施例	1.2	0.12	0.05	290	0.041	0.05	220	0.12	1.18	0.02	0.11
実施例	1.3	0.11	0.04	360	0.036	0.06	260	0.12	1.20	0.02	0.10
実施例	1.4	0.11	0.03	340	0.034	0.08	260	0.14	1.56	0.02	0.09
実施例	1.5	0.10	0.05	395	0.034	0.04	280	0.15	1.40	0.02	0.09

【００３８】単層の比較例からわかるように、乾式大気中およびエンジンオイル中ともに、ヌープ硬度が高くなるほど摩擦係数が小さくなることがわかる。しかし、同時に相手材摩耗量も増大している。これは、硬度が高い

ほど，相手を研磨する効果が大きくなるためと考えられる。また，表面粗さに関しても，高硬度の硬質炭素膜ほど試験後の表面粗さが大きい。

【００３９】一方，上層にヌープ硬度１６００の硬質炭素膜を積層した場合も，下層の硬質炭素膜のヌープ硬度が高いものほど摩擦係数が小さくなる傾向は同様である。しかし，下層のヌープ硬度が高い場合でも，相手材摩耗量は小さい。表面粗さに関しても，試験後の粗さが小さくなっている。硬度が低い硬質炭素膜を上層にもうけることで，平滑化が容易になされたと考えられる。なお，積層した場合でも，下層の硬質炭素膜のヌープ硬度が低い場合は，摩擦係数は大きいままである。

【００４０】続いて，ＳＵＪ２製のプランジャーの外周に実施例１．２，比較例１．６の処理を施した。実施例１．２の処理を施したプランジャーは，コーティング処理の施いものに対して３０倍，比較例１．６の処理の１０倍の時間，安定して作動した。

【００４１】（実施例２）表面粗さＲａ０．１８μｍに＊仕上げた窒化ケイ素セラミックス基材上に，下層としてヌープ硬度を４６００の硬質炭素膜を形成し，上層にヌープ硬度８００から２５００まで変化させた硬質炭素膜を形成した。膜厚は，下層を約１μｍ，上層を０．３μｍとした。

【００４２】ここで，下層の硬質炭素膜は，ＥＣＲプラズマＣＶＤ法で合成し，上層の硬質炭素膜はＵＢＭスパッタ法で合成した。ＥＣＲプラズマＣＶＤ法では，原料ガスにメタンガスを適用し，マイクロ波を用いてＥＣＲプラズマを発生させ，基板上に硬質炭素膜を堆積させた。一方，ＵＢＭスパッタ法では，原料に固体炭素ターゲットを，雰囲気にアセチレンを０～５０％添加したアルゴンガスを導入し，ターゲットにパルスＤＣを印加してスパッタ蒸着を行なった。水中とエンジンオイル１０Ｗ－４０ＳＨ潤滑下でのピン・オン・ディスク試験により評価を行った。結果を表３，表４に示す。

【００４３】

【表３】

No.		基材 材質	基材 表面粗さ Ra (μm)	下層 膜	下層 ヌープ硬度	下層 膜厚 (μm)	下層 製法	傾斜層	上層 膜	上層 ヌープ硬度	上層 膜厚 (μm)	上層 製法
実施例	2.1	窒化ケイ素	0.18	硬質炭素膜	4600	0.9	ECRプラズマCVD法	無し	硬質炭素膜	1000	0.3	スパッタ法
実施例	2.2	窒化ケイ素	0.18	硬質炭素膜	4600	0.9	ECRプラズマCVD法	無し	硬質炭素膜	1500	0.2	スパッタ法
実施例	2.3	窒化ケイ素	0.18	硬質炭素膜	4600	0.9	ECRプラズマCVD法	無し	硬質炭素膜	1900	0.3	スパッタ法
実施例	2.4	窒化ケイ素	0.18	硬質炭素膜	4600	0.9	ECRプラズマCVD法	無し	硬質炭素膜	800	0.3	スパッタ法
比較例	2.1	窒化ケイ素	0.18	硬質炭素膜	4600	0.9	ECRプラズマCVD法	無し	硬質炭素膜	2600	0.3	スパッタ法

【００４４】

※ ※【表４】

No.		ピン・オン・ディスク試験 水中 摩擦係数	水中 摩耗深さ (μm)	水中 相手摩耗直径 (μm)	ピン・オン・ディスク試験 エンジンオイル中 摩擦係数	摩耗深さ (μm)	相手摩耗直径 (μm)	試験前 Ra (μm)	試験前 Rmax (μm)	試験後 Ra (μm)	試験後 Rmax (μm)
実施例	2.1	0.076	0.21	200	0.089	0.16	250	0.26	1.10	0.01	0.03
実施例	2.2	0.069	0.18	180	0.086	0.13	160	0.26	1.18	0.02	0.07
実施例	2.3	0.070	0.19	280	0.038	0.08	260	0.25	0.96	0.02	0.08
実施例	2.4	0.082	0.39	160	0.049	0.20	200	0.23	0.84	0.01	0.04
比較例	2.1	0.085	0.14	480	0.040	0.06	680	0.29	1.09	0.03	0.14

【００４５】摩擦係数は，いずれも小さい。しかし，摩耗深さに関しては，上層の硬質炭素膜のヌープ硬度が８００の場合０．２５μｍ以上と大きい。また，上層の硬質炭素膜のヌープ硬度が２５００の場合は相手攻撃性が大きく，同時に試験後の表面粗さも大きい。硬度が高い硬質炭素膜を上層にもうけた場合は平滑化の効果が小さいと考えられる。

【００４６】続いて，窒化ケイ素製の軸の外周に，実施例２．２と比較例２．２の被覆を施した。これらを窒化ケイ素製の軸受と組み合わせて使用したところ，実施例２．２の軸と摺動した軸受は，比較例２．２の軸と摺動した軸受の１／２０の摩耗量であった。

【００４７】（実施例３）表面粗さＲａ０．０５μｍ以下に仕上げたアルミ合金ＡＣ８Ａ基材上，表面粗さ積層化した硬質炭素膜において，下層の硬質炭素膜のヌープ硬度を４３００，上層の硬質炭素膜のヌープ硬度を１５００に固定し，上層の硬質炭素膜の膜厚を０．０５μｍから２．０μｍまで変化させた。下層，上層の硬質炭素膜は，両者ともカソードアークイオンプレーティング法で合成した。乾式とエンジンオイル１０Ｗ－４０ＳＨ潤滑下でのピン・オン・ディスク試験により評価を行った。結果を表５，表６に示す。

【００４８】

【表５】

.ttp://www6.ipdl.jpo.go.jp/tjcontentdben.ipdl?N0000=21&N0400=image/gif&N0401=/NSAPIT... 03-12-20(

*【0049】
【表6】

No.		下層 材質	下層 表面粗さ Ra (μm)	下層 硬さ	下層 ヌープ硬度	下層 膜厚 (μm)	下層 製法	中間層	上層 硬さ	上層 ヌープ硬度	上層 膜厚 (μm)	上層 製法
実施例	3.1	アルミ合金 AC8A	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	スパッタ法	無し	硬質炭素膜	1500	0.1	スパッタ法
実施例	3.2	アルミ合金 AC8A	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	スパッタ法	無し	硬質炭素膜	1500	0.5	スパッタ法
実施例	3.3	アルミ合金 AC8A	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	スパッタ法	無し	硬質炭素膜	1500	1.0	スパッタ法
実施例	3.4	アルミ合金 AC8A	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	スパッタ法	無し	硬質炭素膜	1500	1.5	スパッタ法
実施例	3.5	アルミ合金 AC8A	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	スパッタ法	無し	硬質炭素膜	1500	0.05	スパッタ法
実施例	3.6	アルミ合金 AC8A	0.05以下	硬質炭素膜	4500	1.0	スパッタ法	無し	硬質炭素膜	1500	2.0	スパッタ法

*

No.		ピン・オン・ディスク試験 大気中 摩擦係数	大気中 摩耗深さ (μm)	大気中 相手摩耗痕直径 (μm)	ピン・オン・ディスク試験 エンジンオイル中 摩擦係数	エンジンオイル中 摩耗深さ (μm)	エンジンオイル中 相手摩耗痕直径 (μm)	試験前 Ra (μm)	試験前 Rmax (μm)	試験後 Ra (μm)	試験後 Rmax (μm)
実施例	3.1	0.12	0.10	340	0.038	0.09	360	0.11	1.05	0.03	0.16
実施例	3.2	0.14	0.11	260	0.041	0.15	210	0.12	1.11	0.02	0.11
実施例	3.3	0.18	0.12	280	0.037	0.12	250	0.15	1.83	0.01	0.07
実施例	3.4	0.16	0.09	330	0.048	0.13	290	0.16	1.68	0.02	0.07
実施例	3.5	0.13	0.15	1090	0.039	0.10	420	0.09	0.92	0.04	0.22
実施例	3.6	0.17	0.10	320	0.049	0.18	290	0.19	1.85	0.01	0.08

【0050】上層の硬質炭素膜の膜厚が0．05μmと薄い場合、相手材摩耗痕直径が420μmと大きい。このときの表面粗さRaは0．09μmであった。一方、上層の硬質炭素膜の膜厚が2μmと厚い場合、摩擦係数が0．049とやや大きめであった。この時の最大表面粗さRmaxは1．85μmであった。

【0051】続いて、アルミ合金AC8A製のエンジンのピストンスカート部に、実施例3．3、実施例3．6の処理を施した。これらの摩擦抵抗を測定したところ、未コートのピストンに対し、実施例3．3の処理を施し

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)